

9788134



⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 195 26 683 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 01 F 7/18**

②① Aktenzeichen: 195 26 683.8  
②② Anmeldetag: 21. 7. 95  
④③ Offenlegungstag: 23. 1. 97

DE 195 26 683 A 1

⑦① Anmelder:  
FEV Motorentechnik GmbH & Co. KG, 52078 Aachen,  
DE

⑦④ Vertreter:  
Patentanwälte Maxton & Langmaack, 50968 Köln

⑦② Erfinder:  
Schrey, Ekkehard, Dr.-Ing., 52078 Aachen, DE;  
Kather, Lutz, Dipl.-Ing., 52146 Würselen, DE

⑤④ Verfahren zur Erkennung des Ankerauftreffens an einem elektromagnetisch betätigbaren Stellmittel

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung des Ankerauftreffens an einem elektromagnetisch betätigbaren Stellmittel mit wenigstens einem Elektromagneten, einem auf das Stellmittel einwirkenden Anker, der mit wenigstens einem Rückstellmittel verbunden ist, wobei zum Fangen des Ankers der Spulenstrom des Elektromagneten auf einen vorgegebenen Wert  $I_{max}$  während einer vorgebbaren Zeit  $T_A$  konstant gehalten wird und danach zu einem Zeitpunkt  $t_1$  abgeschaltet und nach Ablauf einer Abschaltzeit zwischen einer unteren Haltestromschwelle  $I_{H1}$  und einer oberen Haltestromschwelle  $I_{H2}$  getaktet wird und wobei der zeitliche Verlauf des Stromes nach dem Abschaltzeitpunkt erfaßt und hieraus ein Signal abgeleitet wird.

DE 195 26 683 A 1

Elektromagnetisch betätigbare Stellmittel weisen wenigstens einen Elektromagneten und einen auf das Stellmittel einwirkenden Anker auf, der mit wenigstens einem Rückstellmittel verbunden ist, so daß der Anker aus einer durch das Rückstellmittel vorgegebenen ersten Stellposition durch Einschalten des Spulenstroms in eine durch die Anlage des Ankers am Elektromagneten definierte zweite Stellposition bewegt werden kann. Elektromagnetisch betätigbare Stellmittel werden beispielsweise zur Steuerung der Gaswechselventile an Kolben-Brennkraftmaschinen eingesetzt. Hierbei sind zwei Elektromagneten vorgesehen, zwischen denen jeweils gegen die Kraft eines Rückstellmittels der Anker durch Abschalten des Spulenstroms am haltenden Elektromagneten und Einschalten des Spulenstroms am fangenden Elektromagneten bewegt werden kann. Durch eine entsprechende Ansteuerung der einzelnen Stellmittel der Gaswechselventile kann nun das Ein- und Ausströmen des Arbeitsmediums bewirkt werden, so daß der Arbeitsprozeß nach den jeweils notwendigen Gesichtspunkten optimal beeinflußt werden kann. Der Ablauf der Steuerung hat dabei großen Einfluß auf die unterschiedlichen Parameter, beispielsweise die Zustände des Arbeitsmediums im Einlaßbereich, im Arbeitsraum und im Auslaßbereich sowie auf die Vorgänge im Arbeitsraum selbst. Da Kolben-Brennkraftmaschinen bei sehr unterschiedlichen Betriebszuständen instationär arbeiten, ist eine entsprechend anpassungsfähige Steuerung der Gaswechselventile notwendig. Elektromagnetisch betätigbare Stellmittel für Gaswechselventile sind beispielsweise aus DE-C-30 24 109 bekannt.

Ein wesentliches Problem bei der Steuerung derartiger elektromagnetisch betätigbarer Stellmittel stellt die Zeitgenauigkeit dar, die insbesondere bei einer Steuerung der Motorleistung für die Einlaßventile erforderlich ist. Eine genaue Steuerung der Zeiten wird durch fertigungsbedingte Toleranzen, im Betrieb auftretende Verschleißerscheinungen sowie durch unterschiedliche Betriebszustände, beispielsweise wechselnde Lastanforderungen und wechselnde Arbeitsfrequenzen, erschwert, da diese äußeren Einflüsse ebenfalls zeitrelevante Parameter des Systems beeinflussen können.

Ein Ansatz zum Erzielen einer hohen Steuergenauigkeit besteht im Aufbringen einer vergleichsweise hohen Energie jeweils zum Fangen des Ankers an einer Magnetpolfläche. Verbunden mit diesem hohen Energieaufwand ist aber eine sinkende Betriebssicherheit, da dann als weiteres Problem das sogenannte Prellen des Ankers verstärkt auftritt. Dieses Problem wird dadurch verursacht, daß der Anker mit hoher Geschwindigkeit auf der Polfläche auftrifft und von dieser sofort oder nach kurzer Zeit wieder abprallt. Durch diese Prellvorgänge wird beispielsweise bei Gaswechselventilen der Betrieb des Motors nachteilig beeinflusst.

Es ist zwar durch eine Auswertung des Strom- und/oder Spannungsverlaufes an der Spule des Elektromagneten möglich, den Zeitpunkt des Ankerauftreffens und auch die Tatsache der Ankerauflage zu erkennen, wie dies in DE-A-35 15 041 und DE-A-35 43 055 dargestellt ist. Mit diesen vorbekannten Verfahren war eine direkte Erkennung des Ankerprellens nicht möglich. Es ließ sich lediglich das erstmalige Auftreffen des Ankers erkennen und/oder die Tatsache, daß der Anker auf der Polfläche aufliegt.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Erkennung des Ankerauftreffens zu

schaffen, das auch Prellvorgänge erkennen läßt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zur Erkennung des Ankerauftreffens an einem elektromagnetisch betätigbaren Stellmittel der v r stehend bezeichneten Art, wobei zum Fangen des Ankers der Spulenstrom des Elektromagneten auf einen vorgegebenen Wert  $I_{max}$  während einer vorgebbaren Zeit  $T_{I_{max}}$  konstant gehalten wird und danach zu einem Zeitpunkt  $t_1$  abgeschaltet wird und nach Ablauf einer Abschaltzeit zwischen einer unteren Haltestromschwelle  $I_{H1}$  und einer oberen Haltestromschwelle  $I_{H2}$  getaktet wird und wobei der zeitliche Verlauf des Stromes nach dem Abschaltzeitpunkt  $t_1$  erfaßt wird und hieraus ein Signal abgeleitet wird. Überraschenderweise hat sich herausgestellt, daß mit einem derartigen Stromregelverfahren eine direkte Erkennung des Ankerprellens möglich ist. Hierbei wird mit Vorteil die Tatsache ausgenutzt, daß nach dem Abschalten des Spulenstromes dieser entsprechend dem zeitverzögerten Abbau des Magnetfeldes ebenfalls zeitverzögert abfällt. Da nun während dieser Zeit bei einem Prellen des Ankers dieser sich aus dem Einflußbereich des sich abbauenden Magnetfeldes wegbewegt, hat dies Rückwirkungen auch auf den Verlauf des abfallenden Stromes, die sich bis in den Zeitbereich erstrecken können, in dem der Haltestrom zwischen einer unteren Haltestromschwelle und einer oberen Haltestromschwelle getaktet wird. Diese Beeinflussung des Stromverlaufes ist so signifikant, daß hieraus ein Signal abgeleitet werden kann, das das Ankerprellen erkennen läßt und dementsprechend über die Einrichtung zur Ansteuerung des Stellmittels entsprechende Korrekturen hinsichtlich der Ein- und Ausschaltzeiten sowie der Regelung des Spulenstromes vorgenommen werden können, um eine zeitgenaue Ansteuerung zu bewirken.

In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß die Größe des Spulenstromes  $I_p$  am Ende der Abschaltzeit  $T_1$  erfaßt wird. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß das Stromniveau  $I_p$  bei einem Prellen des Ankers deutlich kleiner ist als das Stromniveau, das sich einstellt, wenn der Anker ohne Prellen anliegt, und das in der Regel der vorgegebenen unteren Haltestromschwelle  $I_{H1}$  entspricht. Der Abschaltzeitraum  $T_1$  kann hierbei ebenso wie die untere Haltestromschwelle  $I_{H1}$  vorgegeben werden. Durch einen Ist-Soll-Vergleich zwischen dem vorgegebenen Wert der Haltestromschwelle  $I_{H1}$  und dem sich tatsächlich einstellenden deutlich niedrigeren Spulenstrom  $I_p$  läßt sich dann ein Erkennungssignal für die Tatsache des Ankerprellens ableiten und hieraus entsprechende Korrekturmaßnahmen über die Steuereinrichtung verwirklichen.

In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Zeitpunkt  $t_p$  erfaßt wird, an dem nach dem Abschaltzeitpunkt  $t_1$  der abfallende Spulenstrom den vorgegebenen Wert der unteren Haltestromschwelle  $I_{H1}$  erreicht. Da aufgrund der Prellvorgänge der Stromabfall nach dem Abschalten sehr viel schneller vorstatten geht, wird der Zeitpunkt  $t_p$ , an dem der abfallende Spulenstrom den vorgegebenen Wert für eine untere Haltestromschwelle  $I_{H1}$  erreicht, sehr viel früher erreicht, als dies bei ordnungsgemäßem Betrieb mit anliegendem Anker der Fall ist.

In einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß nach Erreichen der unteren Haltestromschwelle  $I_{H1}$  während einer fest vorgegebenen Einschaltzeit  $T_2$  der Spulenstrom eingeschaltet wird und daß jeweils der sich am Ende der Einschalt-

zeit  $T_1$  einstellende obere Wert  $I_{\max}$  des Spulenstroms erfaßt wird. Da während der Haltephase die Stromregelung zwischen zwei Schwellen erfolgt, ist es grundsätzlich möglich und auch bekannt, durch Auswerten der Frequenz auf die Auflage des Ankers am Magnetpol zu schließen. Eine derartige Frequenzauswertung braucht jedoch Zeit und erlaubt daher keine sofortige Erkennung. Bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Verfahrens wird jedoch lediglich die Einschaltzeit  $T_1$  vorgegeben und am Ende der Einschaltzeit  $T_1$  der dann erreichte Stromwert festgestellt. Da dieser wiederum deutlich niedriger liegt als die sich bei Anlage des Ankers an der Magnetpolfläche ergebende obere Haltestromschwelle  $I_{H2}$ , ist ein sicheres Erkennen von Prellvorgängen möglich. Hierbei wird mit Vorteil ausgenutzt, daß der Beginn des Taktens ausgelöst wird durch das Erreichen der vorgegebenen unteren Haltestromschwelle  $I_{H1}$  nach dem Abschalten des konstanten Spulenstromes  $I_{\max}$  nach Ablauf der Zeit  $T_1$ .

Für alle Varianten des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt der Vorteil darin, daß Prellvorgänge zeitlich bezogen und durch deutliche Abweichungen vom normalen Stromverlauf und ohne zusätzliche Rechenvorgänge erfaßt werden können, so daß ein eindeutiges und damit in der Steuereinrichtung verarbeitbares Signal vorliegt.

Die Erfindung wird anhand schematischer Diagramme nachstehend näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 die Darstellung von Spulenstrom, Ankerweg und Spulenspannung in Abhängigkeit von der Zeit für die unterschiedlichen Bewegungszustände,

Fig. 2 den Verlauf von Spulenstrom und Ankerweg in Abhängigkeit von der Zeit für eine erste Ausgestaltung der Erfindung,

Fig. 3 den Verlauf von Spulenstrom und Ankerweg in Abhängigkeit der Zeit für eine zweite Ausgestaltung der Erfindung,

Fig. 4 eine Darstellung entsprechend Fig. 3 mit Vorgaben für eine weitere Ausgestaltung der Erfindung.

Der in Fig. 1 dargestellte Stromverlauf zeigt in der Kurve a) den Stromverlauf, wie er sich bei einem ordnungsgemäßen Betrieb einer elektromagnetischen Stelleinrichtung an dem fangenden Magneten ergibt. Der Strom wird hierbei nach dem Einschalten bis auf einen Wert  $I_{\max}$  hochgeregelt und dann über einen entsprechenden Zeitraum konstant gehalten. Wie die darunterliegende Weg-Zeit-Kurve für die Ankerbewegung erkennen läßt, erreicht der Anker zum Zeitpunkt  $t_A$  die Magnetpolfläche und kommt an dieser bleibend zur Anlage. Dies ist wiederum durch die Kurve a) dargestellt. Der zugehörige Spannungsverlauf an der Magnetspule ist darunter ebenfalls durch die Kurve a) dargestellt.

Wird nun in die Magnetspule zu wenig Energie eingekoppelt, wie dies im Spulenstrom-Diagramm durch die Kurve b) gezeigt ist, dann erreicht der Anker gar nicht die Magnetpolfläche, sondern schwingt unter dem Einfluß des Rückstellmittels wieder zurück, wie dies im Weg-Zeit-Diagramm ebenfalls durch die Kurve b) gezeigt ist. Der zugehörige Spulenstrom ist ebenfalls dargestellt.

Wird nun in den fangenden Magneten zuviel Energie eingekoppelt, d. h., der Spulenstrom zu hoch angesetzt, wie dies in der Kurve c) im Spulenstrom-Diagramm in Fig. 1 dargestellt ist, dann wird dem Anker zuviel Bewegungsenergie zugeführt, so daß der Anker nach dem Auftreffen auf die Magnetpolfläche zunächst wieder abprallt, wie dies im darunterliegenden Weg-Zeit-Diagramm für die Ankerbewegung ebenfalls durch die Kur-

ve c) dargestellt ist. Wie das Spannungsdiagramm in Fig. 1 erkennen läßt, ist das Auftreffen des Ankers auch am Spannungsverlauf zu erkennen, so daß hieraus auch ein entsprechendes Signal abgeleitet werden kann.

Die Erfindung geht hier jedoch einen anderen Weg und geht hierbei von der Erkenntnis aus, daß für die Ansteuerung ohnehin eine Zeitmessung vorzusehen ist, deren Zeittakt durch die Kurbelwelle vorgegeben wird und darüber hinaus auch der Strom geregelt werden muß. Überraschend hat sich nun gezeigt, daß die Ankerbewegung, insbesondere aber Prellvorgänge, signifikante Unterschiede am Verlauf des Strom-Zeit-Diagramms gegenüber dem Normalbetrieb erkennen lassen, so daß aus dem zeitlichen Verlauf des Stromes nach dem Abschalten des Stromes nach einer Konstantphase etwaige Prellvorgänge erkennbar sind und hieraus ein entsprechendes Signal ableitbar ist.

Bei dem in Fig. 2 dargestellten Verfahren wird der Strom zunächst auf einen vorgebbaren Wert  $I_{\max}$  hochgeregelt und dann über einen gewissen Anfangszeitraum  $T_A$  auf konstanter Höhe gehalten. Der Zeitraum  $T_A$  ist so bemessen, daß er bis über den zu erwartenden Zeitpunkt  $t_A$  des Auftreffens des Ankers auf der Magnetpolfläche reicht. Nach Ablauf dieser Konstantstromphase wird zum Zeitpunkt  $t_1$  der Strom zunächst abgeschaltet, da zum Halten des Ankers am Magnetpol ein geringerer Strom ausreicht. Der Stromabbau nach dem Abschalten kann nun durch einen in der zugehörigen Schaltungsanordnung vorgesehenen Freilauf, beispielsweise einen Freilaufthyristor verzögernd beeinflusst werden. Um hier den Stromverbrauch zu reduzieren, ist es üblich, im Haltezeitraum  $T_H$  den Strom zwischen einem unteren Schwellenwert  $I_{H1}$  und einem oberen Schwellenwert  $I_{H2}$  zu takten.

Um nun Prellvorgänge zu erkennen, wird bei dem anhand von Fig. 2 beschriebenen Verfahren zum Zeitpunkt  $t_1$  der Strom für einen fest vorgegebenen Zeitraum  $T_1$  abgeschaltet. Der Strom fällt hierbei entsprechend dem Abbau des Magnetfeldes ab. Nach Ablauf des Zeitraumes  $T_1$  wird dann der Strom wieder eingeschaltet und jeweils bei Erreichen der vorgegebenen oberen Haltestromschwelle  $I_{H2}$  abgeschaltet und dann fortlaufend zwischen der unteren und der oberen Stromschwelle  $I_{H1}$  und  $I_{H2}$  getaktet. Die untere Stromschwelle  $I_{H1}$  ist hierbei so bemessen, daß ein am Magnetpol anliegender Anker zuverlässig gehalten wird. Liegt der Anker am Magnetpol an, dann ergibt sich während des Zeitraumes  $T_1$  der im Spulenstrom-Diagramm dargestellte Verlauf a). Wie die zugehörige Weg-Zeit-Kurve zeigt, führt in dieser Zeit der Anker keinerlei Bewegungen aus.

Ist jedoch der vorgegebene Konstantstrom  $I_{\max}$  zu hoch, so daß ein Prellvorgang erfolgt und dementsprechend der Anker die in der Weg-Zeit-Kurve angegebene, durch den Rückprall bewirkte Rückbewegung c) vollzieht, dann ergibt sich für den Spulenstrom während der Abschaltzeit  $T_1$  ein sehr viel steilerer Stromabfall, so daß nach Ablauf des Zeitraumes  $T_1$  der Spulenstrom den Wert  $I_p$  erreicht, der deutlich unter dem Niveau der Stromschwelle  $I_{H1}$  liegt, so daß aus einem Vergleich zwischen  $I_{H1}$  und  $I_p$  ein deutliches Signal zur Erkennung dieses Prellvorgangs abgeleitet werden kann. Da nach Ablauf des Ausschaltzeitraumes  $T_1$  der Strom wieder eingeschaltet wird und hierbei zunächst bis auf das Niveau der oberen Stromschwelle  $I_{H2}$  geführt wird, ergibt sich dann für den Strom der durch die Kurve c) dargestellte zeitverschobene Verlauf während der Taktzeit  $T_H$ .

In Fig. 3 ist ein gegenüber dem anhand von Fig. 2 erläuterten Verfahren abgewandeltes Verfahren dargestellt. Bei diesem Verfahren wird für die Haltestromphase  $T_H$  die untere Haltestromschwelle  $I_{H1}$  vorgegeben, so daß nach dem Abschalten der Konstantstromphase  $T_A$  zum Zeitpunkt  $t_1$  mit dem Takten zwischen der unteren Haltestromschwelle  $I_{H1}$  und der oberen Haltestromschwelle  $I_{H2}$  begonnen werden kann, sobald der Spulenstrom den Wert der unteren Haltestromschwelle  $I_{H1}$  erreicht hat.

Anstatt nun wie anhand von Fig. 2 beschrieben, eine feste Abschaltzeit  $T_1$  vorzugeben, wird bei dem Verfahren gemäß Fig. 3 die Zeit gemessen, die zwischen dem Abschaltzeitpunkt  $t_1$  und dem Zeitpunkt verstreicht, in der der Spulenstrom den Wert der unteren Haltestromschwelle  $I_{H1}$  erreicht. Kommt der Anker ohne Prellen an der Magnetpolfläche zur Anlage, so verstreicht hier zwischen dem Abschalten des Spulenstromes zum Zeitpunkt  $t_1$  und dem Erreichen der unteren Haltestromschwelle  $I_{H1}$  zum Zeitpunkt  $t_N$  der Zeitraum  $T_N$ , so daß erst bei Erreichen dieses Zeitpunktes  $t_N$  die getaktete Haltezeit  $T_H$  beginnt. Die zugehörige Ankerbewegung ist in dem darunter dargestellten Weg-Zeit-Diagramm durch die Kurve a) gekennzeichnet.

Findet nun ein Prellvorgang statt, wie er im Weg-Zeit-Diagramm durch die Kurve c) gezeigt ist, dann erfolgt wie bereits anhand von Fig. 2 beschrieben, ein sehr viel stärkerer Abfall des Spulenstromes, so daß die untere Haltestromschwelle  $I_{H1}$  sehr viel früher zu einem Zeitpunkt  $t_p$  erreicht wird, als dies bei einer ordnungsgemäßen Anlage des Ankers an der Magnetpolfläche erfolgt. Aus einem Zeitvergleich des bis zum Zeitpunkt  $t_p$  seit dem Abschalten des Spulenstromes zum Zeitpunkt  $t_1$  verstrichenen Zeitraumes  $T_p$  mit dem Zeitraum  $T_M$  läßt sich ein Prellen des Ankers eindeutig erkennen und hieraus ein Signal ableiten, durch das über die entsprechende Steuerung, beispielsweise die Höhe des Stromes  $I_{max}$  entsprechend zurückgenommen werden kann, so daß bei den nächsten Zyklen ein Prellen des Ankers vermieden und eine zeitgenaue Ansteuerung des Stellmittels möglich wird.

In Fig. 4 ist eine Abwandlung des anhand von Fig. 3 beschriebenen Verfahrens gezeigt. Bei diesem Verfahren wird nach dem Abschalten des Konstantstromes zum Zeitpunkt  $T_1$  bei Erreichen der vorgegebenen unteren Haltestromschwelle  $I_{H1}$  der Haltestrom getaktet. Hierbei wird nun abweichend von dem anhand von Fig. 3 beschriebenen Verfahren nicht zwischen der vorgegebenen unteren Haltestromschwelle  $I_{H1}$  und einer festen vorgegebenen oberen Haltestromschwelle  $I_{H2}$  getaktet, sondern es wird eine feste Taktzeit  $T_f$  vorgegeben und jeweils der am Ende der vorgegebenen Taktzeit  $T_f$  erreichte obere Stromwert festgestellt. Bei einem Anliegen des Ankers an der Magnetpolfläche ist eine vorher festlegbare obere Grenze  $I_{H2}$  erreichbar. Bei einem Prellen des Ankers ist jedoch der erreichbare obere Stromwert  $I_p$  deutlich kleiner, so daß hieraus ein Signal abgeleitet werden kann, das der Steuereinrichtung dann zugeleitet werden kann.

Eine vorteilhafte Form der Auswertung der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gewonnenen Signale ist dadurch möglich, daß für den jeweils über das Stellmittel zu steuernden Betriebszustand eine Soll-Kurve für den Stromverlauf oder auch eine Soll-Kurvenschar vorgegeben wird und daß damit jeweilige Ist-Kurven des Stromverlaufs verglichen werden und daß bei Abweichungen über die Steuereinrichtung auf die Steuerung des Spulenstroms Einfluß genommen wird. Da Abwei-

chungen frühzeitig erkennbar sind, wird das Ansprechverhalten verbessert.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung des Ankerauftreffens an einem elektromagnetisch betätigbaren Stellmittel mit wenigstens einem Elektromagneten, einem auf das Stellmittel einwirkenden Anker, der mit wenigstens einem Rückstellmittel verbunden ist, wobei zum Fangen des Ankers der Spulenstrom des Elektromagneten auf einen vorgegebenen Wert  $I_{max}$  während einer vorgebbaren Zeit  $T_A$  konstant gehalten wird und danach zu einem Zeitpunkt  $t_1$  abgeschaltet und nach Ablauf einer Abschaltzeit zwischen einer unteren Haltestromschwelle  $I_{H1}$  und einer oberen Haltestromschwelle  $I_{H2}$  getaktet wird und wobei der zeitliche Verlauf des Stromes nach dem Abschaltzeitpunkt erfaßt und hieraus ein Signal abgeleitet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Größe des Spulenstromes  $I_p$  am Ende der Abschaltzeit  $T_1$  erfaßt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Zeitpunkt  $t_p$  erfaßt wird an dem nach dem Abschaltzeitpunkt  $t_1$  der abfallende Spulenstrom den vorgegebenen Wert der unteren Haltestromschwelle  $I_{H1}$  erreicht.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach Erreichen der unteren Haltestromschwelle  $I_{H1}$  während eines fest vorgegebenen Einschaltzeitraumes  $T_f$  der Spulenstrom eingeschaltet wird und daß jeweils der sich am Ende des Einschaltzeitraumes  $T_f$  einstellende obere Wert  $I_{max}$  des Spulenstroms erfaßt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Signalauswertung die Ist-Kurve des Stromverlaufs erfaßt und mit wenigstens einer vorgebbaren Soll-Kurve des Stromverlaufs verglichen wird.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

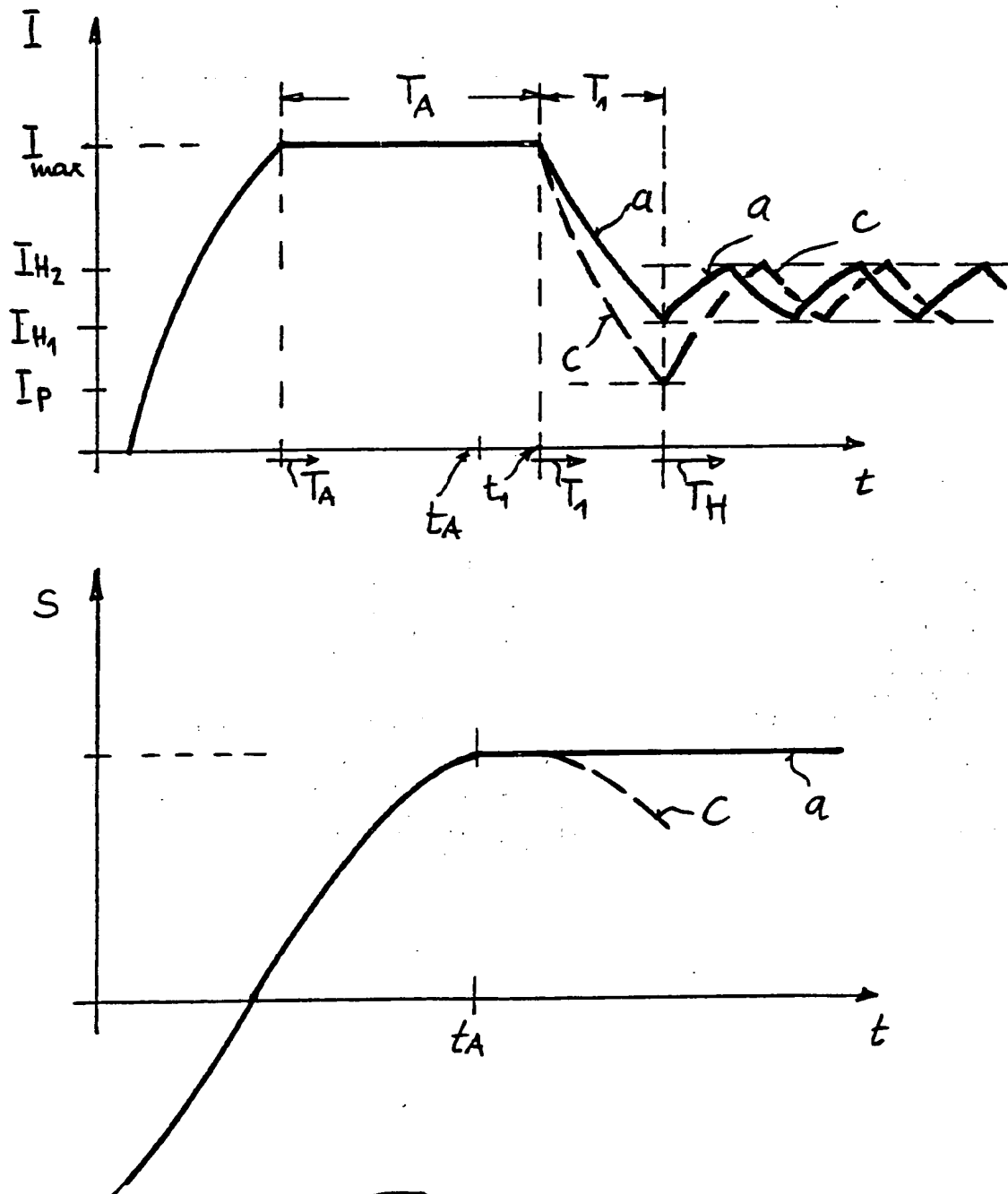


Fig. 2 \*

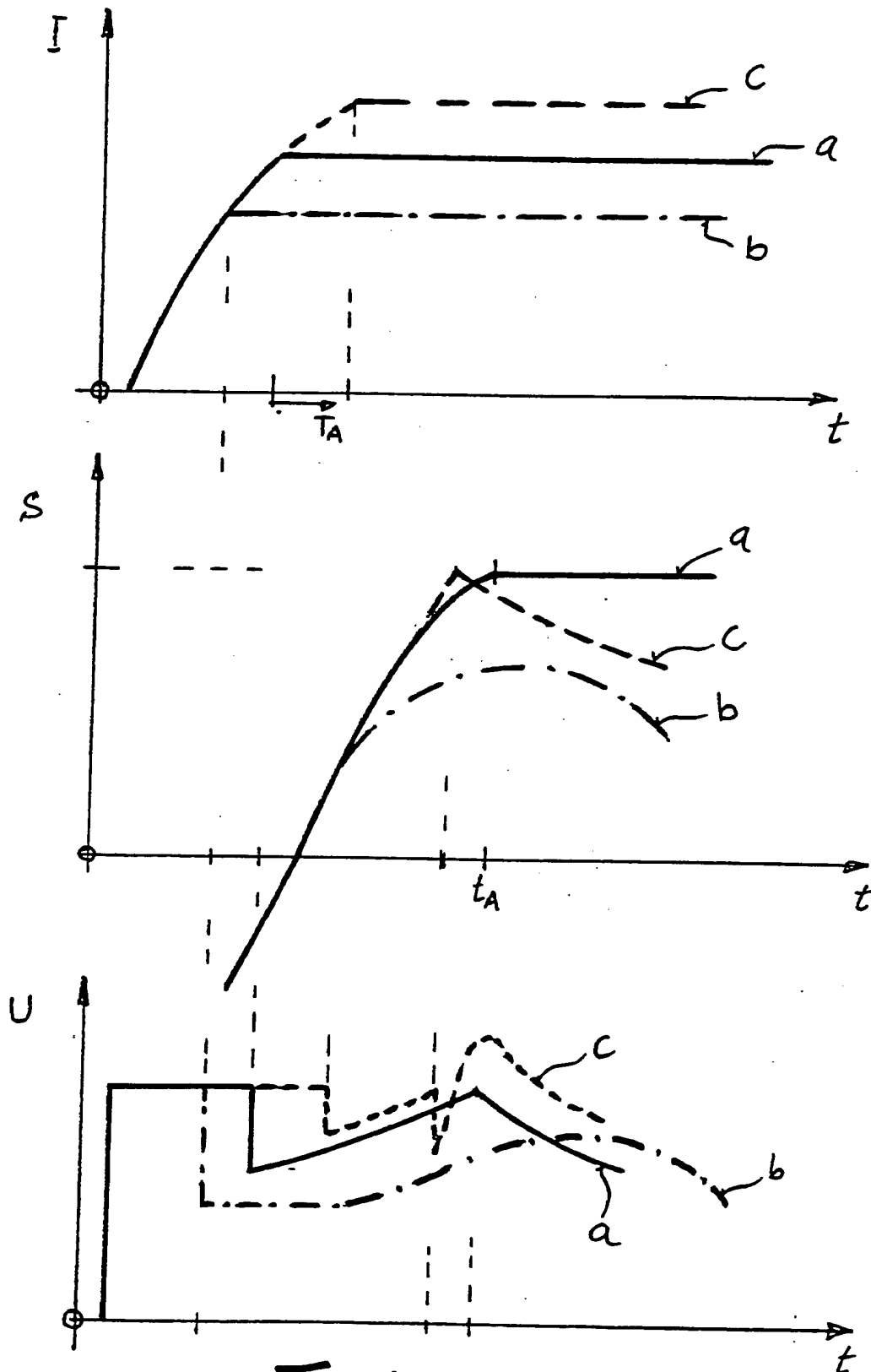


Fig. 1

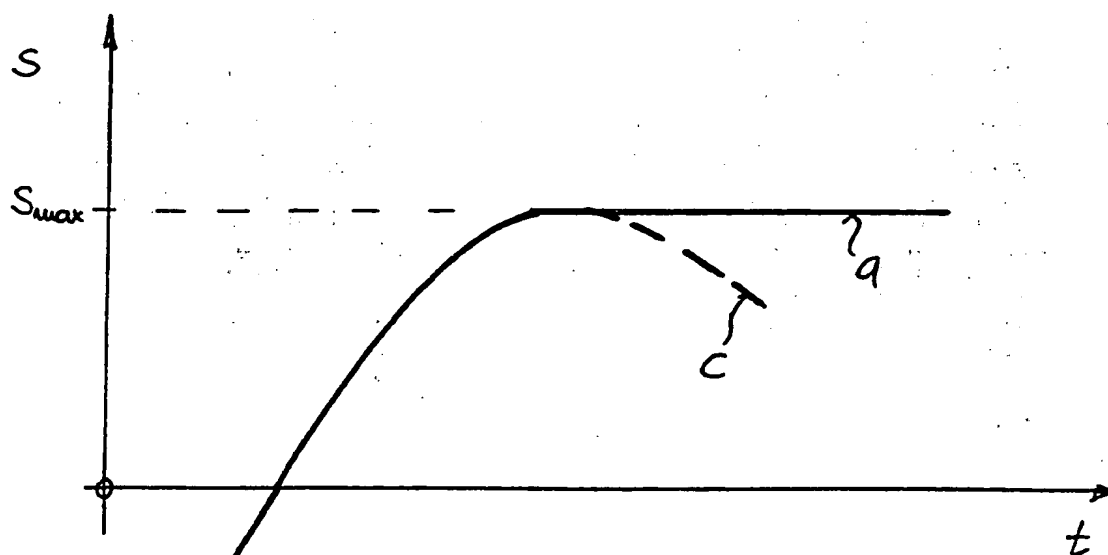
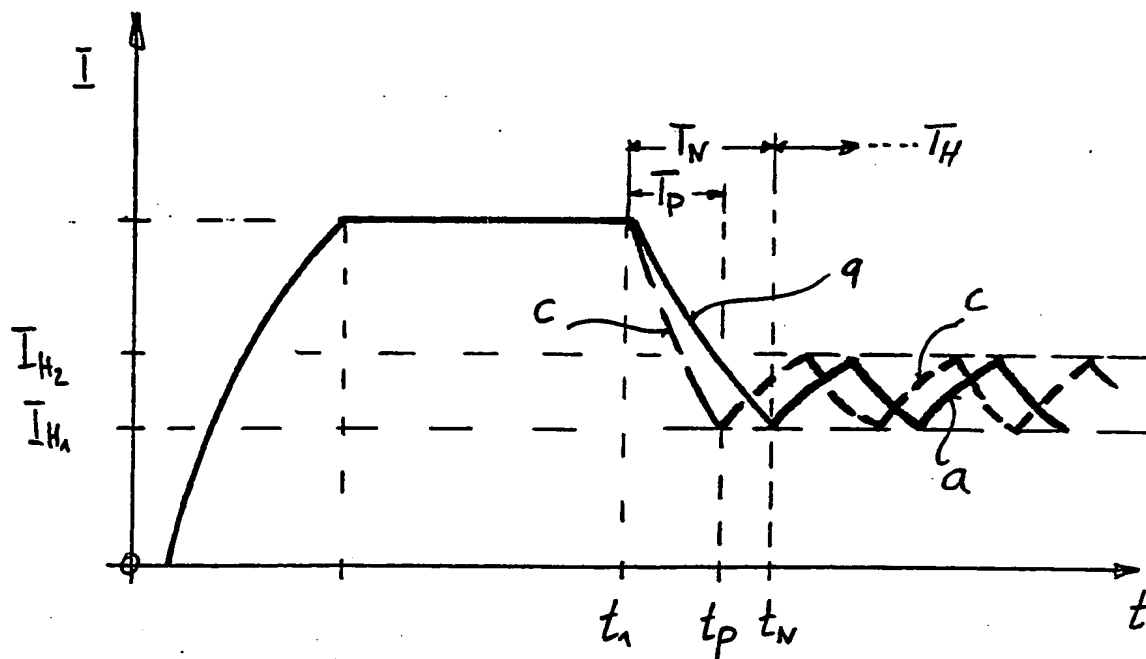


Fig. 3

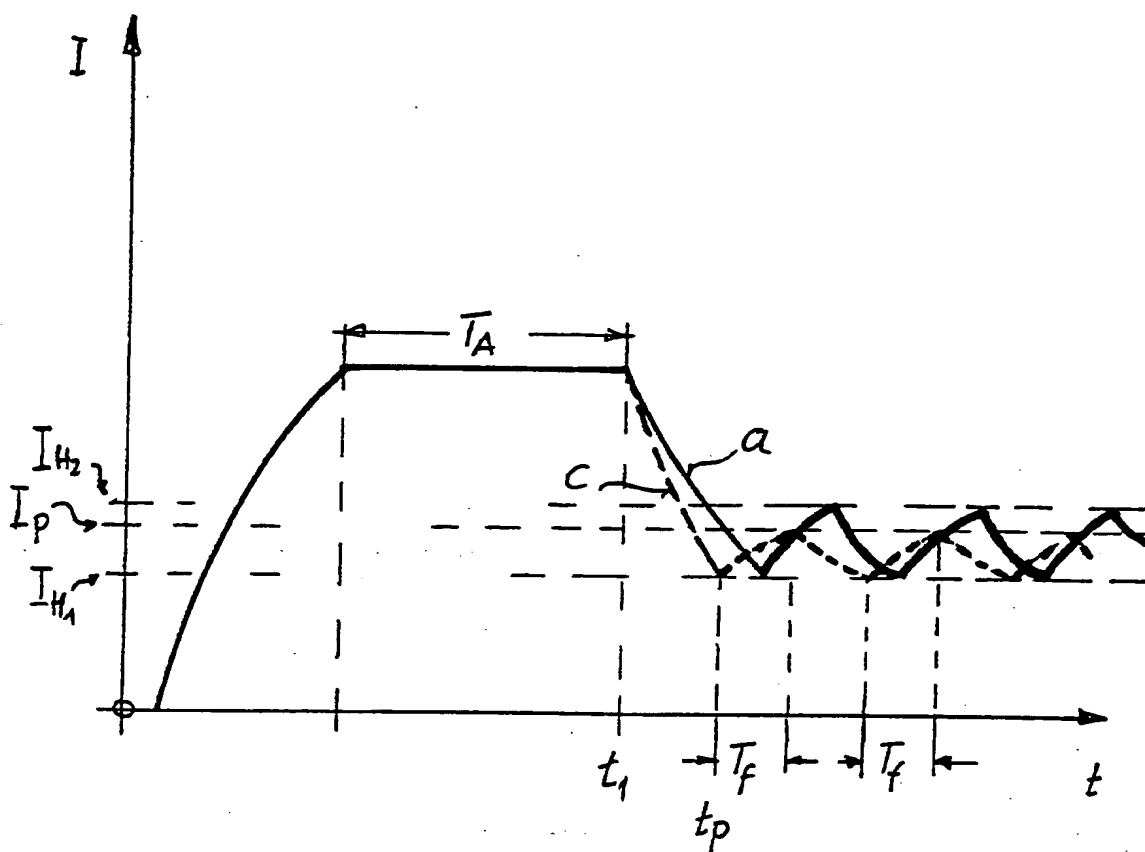


Fig. 4